(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

UO‘K: 622.7 10.70769/3030-3214.SRT.3.3.2025.33

ARALASH MIS RUDALARIDAN OLTIN VA MISNI SAMARALI AJRATIB OLISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI

Babayev Mirdodojon Sharofjon o‘g‘li
Texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori PhD, Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Navoiy, O‘zbekiston
E-mail: babayevmirdodojon@mail.ru
ORCID ID: 0009-0001-8669-8774

Annotatsiya. *Rangli va qimmatbaho metallar tarkibli sanoat chiqindilarini qayta ishlash bo‘yicha ilmiy asoslangan texnologiyalarni ishlab chiqish kon-metallurgiya ishlab chiqarishining iqtisodiy samaradorligini oshirishning muhim yo‘nalishlaridan biridir. Ushbu maqolada “Yoshlik–I” konining balansdan tashqari aralash mis rudalaridan mis va qimmatbaho metallarni kompleks ajratib olish texnologik sxemasi ishlab chiqildi. Olib borilgan tajribalar asosida ishlab chiqilgan texnologiya “O‘zkumirgo‘zallik kombinat” AJ tarkibidagi MOF-1 fabrikasida amaliyotga tatbiq etildi. Tadqiqotlar jarayonida aralash mis rudalarini Knelson konsentratorida ikki bosqichli boyitishning optimal parametrlari belgilandi, natijada oltinni ajratib olish darajasi 78% gacha, misning esa qo‘shimcha qayta ishlash operatsiyalari bilan birgalikda 85,4% dan ortiq kompleks ajralishi ta’minlandi.*
Kalit so‘zlar: *Aralash mis rudalari, qimmatbaho va noyob metallar, gravitatsion konsentratsiya, sianlash jarayoni, sorbsion usullar, texnogen chiqindilar, qayta ishlash texnologiyasi, ekologik xavfsizlik.*

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЭФФЕКТИВНОГО ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА И МЕДИ ИЗ СМЕШАННЫХ МЕДНЫХ РУД

Бабаев Мирдодожон Шарофжон угли
Доктор философии (PhD) по техническим наукам, Навоийский государственный горно-технологический университет, Навои, Узбекистан

Аннотация. *Разработка научно обоснованных технологий переработки промышленных отходов, содержащих цветные и благородные металлы, является важным направлением повышения экономической эффективности горно-металлургического производства. В данной статье представлена технологическая схема комплексного извлечения меди и благородных металлов из забалансовых смешанных медных руд месторождения «Ёшлик–I». На основе проведённых опытов разработанная технология была внедрена в практику на МОФ-1 АО «АГМК». В ходе исследований установлены оптимальные параметры двухступенчатого обогащения смешанных медных руд на концентраторе Кнельсона. В результате степень извлечения золота достигла до 78%, а комплексное извлечение меди превысило 85,4% с дополнительными операциями по меди.*
Ключевые слова: *Смешанные медные руды, драгоценные и редкие металлы, гравитационная концентрация, процесс цианирования, сорбционные методы, выщелачивание, техногенные отходы, технологии переработки, экологическая безопасность.*

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR EFFICIENT EXTRACTION OF GOLD AND COPPER FROM MIXED COPPER ORES

Babaev Mirdodojon Sharofjon ugli
Doctor of Philosophy (PhD) in Technical Sciences, Navoi State Mining and Technology University, Navoi, Uzbekistan

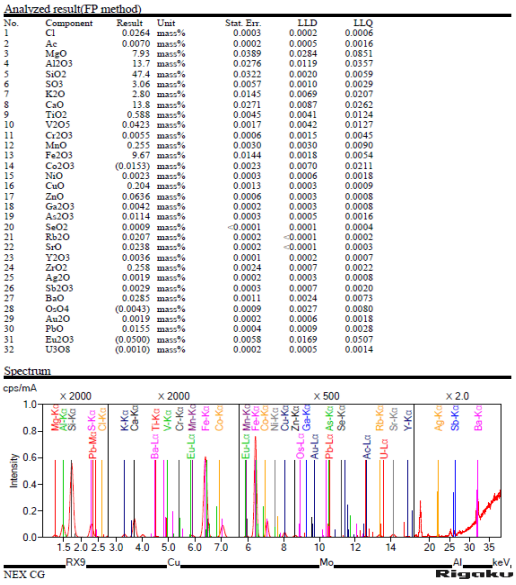
Abstract. *The development of scientifically grounded technologies for the processing of industrial wastes containing non-ferrous and precious metals is an important direction for improving the economic efficiency of mining and metallurgical production. This article presents a technological scheme for the integrated extraction of copper and precious metals from off-balance mixed copper ores of the "Yoshlik–I" deposit. Based on experimental studies, the developed technology was implemented in practice at MOF-1 of Almalyk Mining and Metallurgical Complex (AMMC). The research established the optimal parameters for two-stage beneficiation of mixed copper ores using a Knelson concentrator. As a result, the gold recovery reached up to 78%, while the comprehensive copper extraction exceeded 85.4% with additional copper recovery operations.*

Keywords: *Mixed copper ores, precious and rare metals, gravity concentration, cyanidation process, sorption methods, leaching, technogenic wastes, processing technology, environmental safety.*

Kirish. Metallurgiya sohasining asosiy vazifalaridan biri ruda va texnogen xomashyolardan tarkibiy komponentlarni tayyor mahsulotga ajratib olish darajasini oshirishdir. O‘zbekiston Respublikasida aralash kelib chiqishga ega va tarkibida mis hamda qimmatbaho metallar, xususan oltin va kumush miqdori past bo‘lgan katta hajmdagi balansdan tashqari mis rudalari mavjud. Aralash rudalardan rangli metallar va qimmatbaho metallarni kompleks ajratib olish texnologiyasini yaratish bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar metallurgiya ishlab chiqarish sanoati uchun dolzarb hisoblanadi. Mazkur ish aynan past navli aralash rudalardan qimmatbaho metallarni olishning yangi yonda-shuvlarini ishlab chiqishga bag‘ishlangan. Vaqt o‘tishi bilan hosil bo‘lgan qoplama jinslari, yig‘ilib qolgan balansdan tashqari rudalar, mineralizat-siyalangan massalar, ruda tayyorlash jarayonining oraliq chiqindilari O‘zbekiston metallurgiyasini rivojlantirish uchun istiqbolli xomashyo bazasi bo‘lib xizmat qiladi. "Olmaliq KMK" AJda rangli metallar zaxirasi qo‘shimcha manba sifatida kon ag‘darmalari va chiqindi saqlash joylarida mavjud [1].

Balansdan tashqari rudalar va texnogen chiqindilar bo‘yicha olingan ma’lumotlarni tahlil qilish, ularni dastlabki boyitish orqali qimmatbaho metallarni ajratib olish zarurligini ko‘rsatadi. Shu jarayonda, qo‘shimcha tarzda, tarkibida nisbatan past miqdorda bo‘lsada, misni ham ajratib olish rejalashtiriladi.

Obyektlar va tadqiqot usullari. Ushbu ishning tadqiqot obyekti sifatida "Olmaliq KMK" AJning "Yoshlik-I" konidan olingan aralash oksidli va sulfidli mis rudalari tanlandi. Ishda zamonaviy kompleks tadqiqot usullari, laboratoriya sharoitida olib borilgan texnologik tajribalar hamda tajriba-sanoat sinovlari keng qo‘llanildi. Fizik-kimyoviy tadqiqot usullari: IK-spektroskopiya, skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM), energodispersiv spektroskopiya (EDS), energodispersiv rentgen-fluorestsent spektroskopiya, atom-emission tahlil, oltin va kumushni aniqlash uchun probirkali tahlil usullari tanlandi.



1-rasm. "Yoshlik-I" konining aralash mis rudalarining mineralogik tarkibi.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

Kimyoviy va mineralogik tahlillar aralash mis rudalaridan olingan namunalar asosida “Olmaliq KMK” AJ Markaziy analitik laboratoriyasi hamda “Navoiy KMK” AJ Markaziy ilmiy-tadqiqot laboratoriyasida bajarildi. Fazaviy tahlil va zarracha o‘lchamlarini aniqlash ishlari esa O‘zbekiston–Yaponiya yoshlar innovatsion markazida hamda Mineral resurslar instituti (MRI) mutaxassislari tomonidan amalga oshirildi [2; b. 51–59].

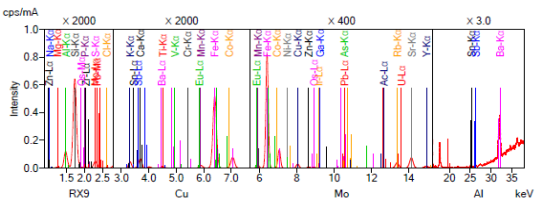
Qimmatbaho va noyob metallar miqdorini aniqlash uchun yuqori samarali energodispersiv rentgen-fluorestsent spektrometri (NEX CG RIGAKU)dan foydalanildi. Ushbu maxsus usul “Yoshlik-I” konining aralash chiqindi rudalarining modda tarkibini chuqur o‘rganish imkonini berdi.

Kimyoviy tahlil ma’lumotlariga ko‘ra, sulfid ruda o‘rta namunada quyidagi tarkibga ega: %: SiO_2 - 47,4; Al_2O_3 -13,7; MgO – 7,93; SO_3 – 3,06; K_2O – 2,8; CaO – 13,8; Fe_2O_3 – 9,67; CuO - 0,204; ZnO – 0,06; Ga_2O_3 – 0,0042; As_2O_3 – 0,0114; SeO_2 – 0,0009; Rb_2O – 0,0207; SrO – 0,0238; Au – 0,0019; Ag – 0,0019; PbO -0,0155; NiO – 0,0023; Co_2O_3 – 0,0153; MnO – 0,255; Cr_2O_3 - 0,0055; V_2O_5 – 0,0423; TiO_2 – 0,588; Ac – 0,0070; Cl – 0,0264; Sb_2O_3 – 0,0029; BaO – 0,0285; OsO_4 – 0,00043; Eu_2O_3 – 0,05; U_3O_8 – 0,001.

Analyzed result(FP method)

No.	Component	Result	Unit	Stat. Err.	LLD	LLQ
1	Cl	0.0561	mass%	0.0005	0.0004	0.0012
2	Na	2.52	mass%	0.0977	0.216	0.648
3	Mg	2.17	mass%	0.0208	0.0266	0.0798
4	Al	13.4	mass%	0.0237	0.0097	0.0292
5	Si	43.2	mass%	0.0270	0.0013	0.0038
6	P	(0.0140)	mass%	0.0025	0.0066	0.0199
7	S	1.18	mass%	0.0033	0.0006	0.0018
8	K	9.72	mass%	0.0339	0.0112	0.0335
9	Ca	11.4	mass%	0.0314	0.0191	0.0573
10	Ti	0.799	mass%	0.0062	0.0064	0.0193
11	V	0.0467	mass%	0.0022	0.0055	0.0164
12	Cr	0.0069	mass%	0.0008	0.0022	0.0067
13	Mn	0.582	mass%	0.0059	0.0053	0.0159
14	Fe	13.5	mass%	0.0210	0.0030	0.0089
15	Co	(0.0256)	mass%	0.0036	0.0108	0.0325
16	Ni	0.0050	mass%	0.0005	0.0012	0.0035
17	Cu	0.255	mass%	0.0021	0.0006	0.0019
18	Zn	0.0461	mass%	0.0008	0.0005	0.0016
19	Ga	0.0085	mass%	0.0003	0.0005	0.0015
20	As	0.0118	mass%	0.0003	0.0005	0.0014
21	Rb	0.0737	mass%	0.0005	0.0002	0.0006
22	Sr	0.131	mass%	0.0006	0.0002	0.0006
23	Y	0.0091	mass%	0.0002	0.0005	0.0016
24	Zr	0.541	mass%	0.0048	0.0014	0.0042
25	Mo	(0.0055)	mass%	0.0016	0.0027	0.0082
26	Sn	0.0077	mass%	0.0006	0.0010	0.0031
27	Sb	(0.0038)	mass%	0.0006	0.0014	0.0041
28	Ba	0.175	mass%	0.0032	0.0052	0.0155
29	Os	(0.0074)	mass%	0.0013	0.0040	0.0119
30	Ir	(0.0038)	mass%	0.0008	0.0022	0.0065
31	Pb	(0.0045)	mass%	0.0006	0.0017	0.0050
32	Eu	(0.105)	mass%	0.0129	0.0377	0.113
33	Ac	0.0101	mass%	0.0004	0.0007	0.0021
34	U	(0.0032)	mass%	0.0004	0.0012	0.0036

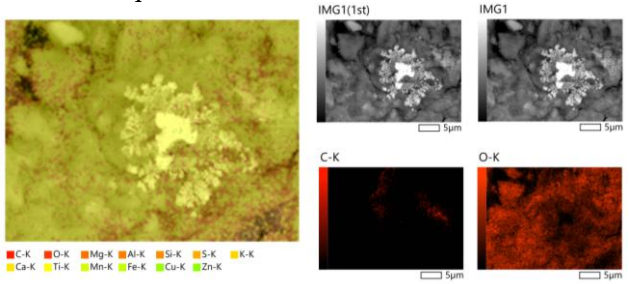
Spectrum



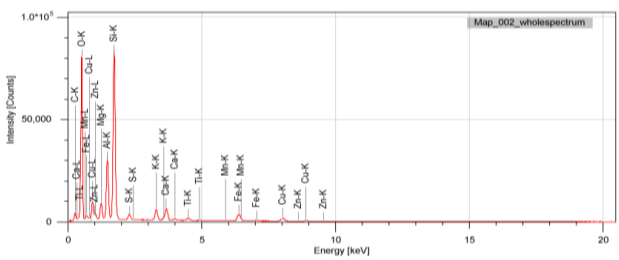
2-rasm. “Yoshlik-I” konidagi aralash mis rudalarining moddiy tarkibi.

Kimyoviy tahlil natijalariga ko‘ra, o‘rta namunadagi aralash rudada quyidagi moddalar mavjud: %: SiO_2 – 54,3; Al_2O_3 – 16,5; MgO – 2,49; SO_3 – 1,49; K_2O – 5,72; Na_2O – 2,52; CaO – 7,26; Fe_2O_3 – 7,96; CuO – 0,119; ZnO – 0,0214; Ga_2O_3 – 0,0042; As_2O_3 – 0,0057; SnO_2 – 0,0037; Rb_2O – 0,00295; SrO – 0,0566; Au – 0,0019; Ag – 0,0017; PbO – 0,0018; NiO – 0,0022; MnO – 0,312; TiO_2 – 0,571; Ac – 0,0037; Cl – 0,028; Sb_2O_3 – 0,0017; U_3O_8 – 0,0014; MoO_3 – 0,00$_3$; Co_2O_3 – 0,0132; BaO – 0,0761; Cr_2O_3 – 0,0042; V_2O_5 – 0,0352.

Zaxiradagi rudalardan ortib qolgan chiqindilardan noyob va nodir metallarni taqsimlanishini o‘rganish maqsadida monominerallar – pirit, xalkopirit, molibdenit va boshqalar tanlab olindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, aralash rudalardagi qimmat metallar taqsimlanishi (g/t) quyidagicha aniqlangan: Au – 12,2; Ag – 41,2; Pd – 0,25; Pt – 0,20; Rh – 0,02; Ru – 0,93; Os – 0,015. Aralash rudalarning turli minerallashtirilganligi sababli, minerallar tarkibi va ularning mavjudlik shakllarini aniqlash maqsadga muvofiq deb topildi. Bu maqsadda turli tadqiqot metodlari qo‘llanilib, mineral tarkibini aniqlash va keyinchalik boyitish metodikasini tanlash ishlari olib borildi. Skanerlovchi elektron mikroskop (SEM) JSM-IT200 yordamida o‘tuzilishini tkazilgan tahlillar o‘rganilayotgan obyektlarning elementar, minerallar tarkibi va aniqlashga qaratilgan kompleks tadqiqotlarning muhim bosqichi hisoblanadi.



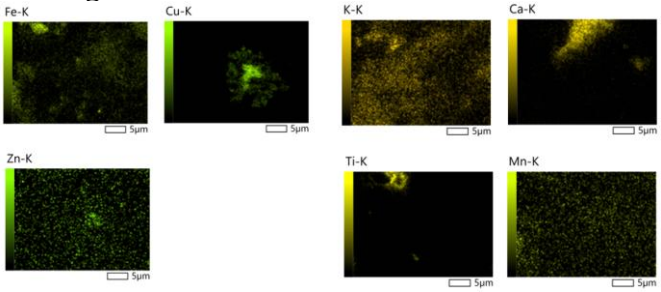
3-rasm. Namunaning butun yuzasining umumiy elementar tahlili.



4-rasm. A7 namunalari tahlil natijalari.

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

O‘rganilgan elementlar yuzasi asosan misdan iborat bo‘lib, temir minerallarining izlari aralashgan bo‘lib ular oltingugurt bilan birikib, temir sulfid minerallarini hosil qiladi. Shuningdek, yuqori cho‘qqida sezilarli miqdorda kalsit mavjud. Tahlil natijalariga ko‘ra, o‘rganilgan namunadagi mis miqdori 0,17% ni tashkil qiladi. Mis sulfidining tuzilishi zich bo‘lganligi sababli, namunaning ba’zi qismlarida yorqin va biroz yashil rangda aks ettiradi. Bu esa asosan oltingugurt bilan bog‘liq. Shu bilan birga, A7 namunalari EDS (energodispersiya spektroskopiyasi) orqali moddiy tarkibi bo‘yicha ham o‘rganilgan, natijalar quyidagi rasmlarda keltirilgan.



5-rasm. A7 namunalari bo‘yicha energodispersiya spektroskopiyasi (EDS) tahlili natijalari.

Spektr 005 da namunaning misli yuzasi ko‘rsatilgan bo‘lib, o‘rganilgan namunada mis miqdori 0,17% ga teng. Mis sulfidlar bilan birikkan va shu paytda cho‘kma temir sulfid minerallari bilan tepadagi piklar bir-biriga mos keladi. Mis asosan xalkopirit mineralida mavjud bo‘lib, qo‘shimcha ravishda titan, alyumin, kvarts va kalsit minerallari uchraydi.

Natijalar. Oltin qayta ishlash zavodlarida kammiqdorli texnogen chiqindilarni boyitish texnologiyasini ishlab chiqishda, minerallarni zichlik xususiyatlariga asoslangan gravitatsion kuch maydonida ajratish prinsipi bo‘yicha turli konsentratorlar sinovdan o‘tkazildi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida “Olmaliq KMK” AJning aralash balansdan tashqari mis rudalarida 100–400 mkm o‘lchamdagi tabiiy oltin zarralari mavjud emasligi aniqlangan. >70 mkm o‘lchamdagi zarrachalardan olingan konsentratlarda ham oltin topilmadi. Bu zavodlarning texnologik bo‘g‘inlarida yirik kristalli tabiiy zarralar juda kam miqdorda bo‘lib, faqat mayda oltin mavjudligiga bog‘liq.

Ushbu xulosa gravitatsion boyitish tadqiqotlari vaqtini qisqartirdi, chunki vintli separatorlar, selektor mashinalari va shlyuzlar kabi yirik metall zarrachalarini ajratishga mo‘ljallangan uskunalarning samaradorligi yetarli bo‘lmadi. Shu bois, sanoat qo‘llanilishi uchun yuqorida sanab o‘tilgan uskunalar yetarli natija bermadi. Shuningdek, uzoq yillar davomida texnogen chiqindilarni saqlash natijasida tarkiblarining o‘zgarishi aniqlangan [4; S.29-33].

“NKMK” AJ Markaziy ilmiy tadqiqot labaratoriyasi sharoitida texnogen chiqindilarni gravitatsion boyitish bo‘yicha Knelson MD3 markali markazdan qochma konsentrator yordamida tadqiqotlar o‘tkazildi va uning parametrlarining o‘zgarishi tahlil qilindi. Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti Ilmiy-tadqiqot laboratoriyasi sharoitida boshqa texnogen chiqindilardan qimmatbaho va noyob metallarni boyitish bo‘yicha laboratoriya tajribalari Knelson GX9 konsentratorida amalga oshirildi. Tadqiqotda asosiy e’tibor texnogen chiqindilarda mavjud, zichligi yuqori bo‘lgan qimmatbaho va noyob metallarga qaratildi, ular markazdan qochma maydonda samarali ajralishi kuzatildi.

Aralash namunaning boyitish tajribalari 10 kg dastlabki materialdan o‘tkazilib, gravitatsion konsentratsiyaning 1-bosqichida 90G, 2-bosqichida 120G markazdan qochma kuch, suv sarfi mos ravishda 2 l/daq va 5 l/daq bilan amalga oshirildi. Gravitatsion boyitishdan so‘ng aralash rudalardan olingan gravitatsiya boyitmasi qimmatbaho metallar bilan boy bo‘lib, uning tarkibi quyidagicha: oltin o‘rtacha 14,31–20,12 g/t, kumush 59,42–67,3 g/t saqlaydi. Olingan qimmatbaho metall konsentrati keyinchalik konvertorli eritishga yo‘naltirilishi mumkin, bunda oltin, kumush va mis xomaki mis fazasiga o‘tadi. Boyitish chiqindilarining tarkibida umumiy mis hajmidan 73,13% mis qolgan bo‘lib, bu dastlabki rudaning mis tarkibi 0,2025% edi. Boyitishdan keyingi chiqindilarning holati pulpa shaklida bo‘lib, Q:S nisbatida 1:4 ga teng, bu esa ularni gidrometallurgik texnologiyada qayta ishlashga mosligini anglatadi.

O‘tkazilgan tajribalar seriyasi natijasida, balansdan tashqari rudalaridan mis va qimmatbaho metallarni kompleks ajratib olish texnologik sxemasi ishlab chiqilgan. Shu bilan, past konsentratsiyali mis mahsulotiga misni cho‘ktirish bilan

(E) ISSN: 3030-3214
Volume 3, № 3
2025

agitatsion yuvish usulini qo‘llash maqsadga muvofiqdir. Shu paytda ekstraktsion va sorbsion usullar iqtisodiy nuqtai nazardan rentabellikka ega emas [6; S.42-51].

Misli chiqindilarning fazaviy tahlili yuqori erituvchanlikni ko‘rsatib, sulfat kislota eritmasida yaxshi natija bergan. Olingan sulfatli mis eritmasi yuqori miqdordagi aralashmalar bilan ifloslangan bo‘lib, ularning miqdori mis elektrolizi jarayoni bilan cheklangan. Laboratoriya tadqiqotlari natijasida misni tanlab eritishning optimal parametrlarini va temir chiqindilaridan foydalangan holda misni cho‘ktirish usulini aniqlash mumkin bo‘ldi.

Xulosa. Birinchi marta aralash mis rudalaridan qimmatbaho metallarning markazdan qochiruvchi konsentratsiyasi orqali kombinatsiyalangan texnologiya ishlab chiqildi, bunda qimmatbaho metallarning konsentrat fazasiga o‘tishi ta’minlandi, shuningdek, oltin, kumush va misni selektiv ajratib olish uchun sorbsiya usuli bilan tanlab eritish ishlari olib borildi va boyitishdan qolgan mahsulotlardan misni sulfatli eritma yordamida ajratib olishning optimal parametrlari aniqlandi.

Aralash mis rudalarini birinchi bosqichda markazdan qochiruvchi kuch 90G da boyitish uchun optimal parametrlar belgilandi. Suv sarfi 2 l/daq bo‘lib, oltinning asosiy miqdorini konsentratsiyalash natijasida olinadigan umumiy gravitatsion konsentratda oltin tarkibi o‘rtacha 14,31–20,12 g/t, oltinning ajratilish darajasi esa 72,98–77,95% ni tashkil etdi. Ikkinchi bosqichda markazdan qochiruvchi kuch 120G, suv sarfi 5 l/daq bo‘lib, gravitatsion boyitish natijasida kumush konsentrati 59,42–67,3 g/t tarkibida va ajratilish darajasi 68,46–69,95% ga yetkazildi.

O‘tkazilgan tajribalar seriyasi natijasida aralash mis rudalaridan mis va qimmatbaho metallarning kompleks ajratib olinishi texnologik sxemasi ishlab chiqildi, barcha jarayonlarning optimal parametrlari aniqlanib, ishlab chiqarish miqyosida jihozlash uchun apparat zanjir sxemasi asoslandi. Metallarning material balansiga ko‘ra, oltinning ajratilish darajasi 66,88%, kumush 60,46%, mis esa 85,40% ni tashkil qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Sanakulov, K. S. (2019). Texnogen xomashyoni qayta ishlash muammolarini hal etishning kontseptual asoslari. In “Olmaliq KMK texnogen konlarini qayta ishlash masalalarini hal etishning zamonaviy muammolari va innovatsion texnologiyalari” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari (pp. 18–21).
2. Vokhidov, B., Hasanov, A., Babayev, M., Mamaraimov, G., & Yandashev, A. (2024, May). New technologies for processing tailings of a copper processing plant for the extraction of platinoids. Acta Innovations, (52), 51–59. https://doi.org/10.62441/ActaInnovations.52.6
3. Vokhidov, B. R., Khasanov, A. S., Tolibov, B. I., Saidakhmedov, A. A., & Babaev, M. Sh. (2023). Development of technology for processing off-balance waste ores with a pilot test for the integrated extraction of precious metals. Journal of Pharmaceutical Negative Results, 14(3), 2336–2344. (pnrjournal.com)
4. Xursanov, A. X., Xasanov, A. S., Abduqadirov, A. A., & Vohidov, B. R. (2021). Platinoyidlar texnologiyasi. Toshkent: Muharrir.
5. Vokhidov, B. R. (2021). Development and improvement of technology for extraction of precious metals from technogenic raw materials. Universum: Технические науки, 12(93), 11–15.
6. Vokhidov, B. R. (2022). New horizons processing of technogenic waste of the copper industry. The American Journal of Applied Sciences, 4(5), 42–51.